Univ.Nac.La Pampa – Ser. Suplem. Nº4
6300 – Santa Rosa – Argentina –1988

ISSN 0326-6958

ANALISIS DE LOS CARACTERES TAXONOMICOS: ENFOQUES MODERNOS

MARIA FERNANDA LOPEZ ARMENGOL *

INTRODUCCION

La asombrosa y fascinante diversidad orgánica sugiere con su esplendor y fecundidad la existencia de un orden natural del universo.

El hombre en su insaciable sed de comprender el mundo que lo rodea trata de reflejar ese orden natural a través del planteamiento de esquemas humanos.

Uno de esos esquemas humanos es el intento del hombre por clasificar la diversidad orgánica. Intento que incluye un análisis y valoración de la variación orgánica existente en el grupo en estudio y su posterior representación simbólica a través de lo que se denomina carácter taxonómico.

Los caracteres se encuentran dentro del universo de los datos científicos y son la piedra fundamental de la taxonomía, pues proporcionan la información básica para clasificar, determinar y establecer relaciones entre los grupos de organismos.

Si bien se define carácter taxonómico como un atributo que varía de una clase de organismos a otra, no todos los tipos de variación existentes en los organismos tienen valor taxonómico.

El análisis crítico del problema de la variación taxonómica y su tratamiento es de vital importancia. Pues si bien clasificamos organismos completos, lo que nos proporciona los datos a emplear en la clasificación es una selección de sus caracteres. Por lo tanto, la eficacia de nuestras clasificaciones dependerá en gran medida de la variabilidad que consideramos como caracteres y de la forma en que los tratemos.

No obstante los taxónomos han puesto más énfasis en comprender las relaciones entre las entidades que en analizar críticamente los caracteres y su importancia en el proceso clasificatorio.

Por ello, resulta justificado intentar mirar a través de los caracteres el mundo de la clasificación.

Esta nueva visión que propongo puede plantearse mediante interrogantes, algunos previos al proceso clasificatorio como:

¿Toda la variación orgánica tiene valor taxonómico?

¿Qué fuentes de caracteres puedo utilizar para expresar las relaciones entre los taxa?

¿Existe un carácter más importante que otro?

---

* *Cátedra de Introducción a la Taxonomía. Becaria de Formación Superior, CONICET. Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata. Paseo del Bosque s/Nº, 1900 La Plata, Argentina.*

¿Cuál es el número de caracteres necesarios para llevar a cabo la clasificación?

¿Cómo represento simbólicamente los hechos observados?

Otros, posteriores al proceso calificatorio tales como:

¿Qué técnica me permite distinguir cuáles caracteres están altamente correlacionados entre sí y cuáles son relativamente independientes?

¿Qué método me permite reconocer los caracteres con valor discriminatorio para los grupos obtenidos? y

¿Los distintos tipos de caracteres brindan la misma información respecto a las relaciones entre los taxa?

Obviamente, estos interrogantes que planteo no son exhaustivos pero sí, pienso, serán ilustrativos de los modernos enfoques en torno al problema de los caracteres.

¿TODA VARIACION ORGANICA TIENE VALOR TAXONOMICO?

El taxónomo basa su trabajo en la variación orgánica, sin embargo no todos los tipos de variación orgánica existentes tienen el mismo valor taxonómico. Pensemos por ejemplo en el dimorfismo sexual, cuyas diferencias no tienen valor taxonómico como tales (lo que posee valor para el taxónomo es el hecho de que la especie sea capaz de producir dimorfismo sexual o no).

No siempre los taxónomos se preocupan de este problema, tanto es así que se ha estimado que más de la mitad de los sinónimos deben su origen a una incorrecta valoración taxonómica de fenómenos tales como el dimorfismo sexual (Mayr, 1971).

A continuación se citan los principales tipos de variación orgánica sin significado taxonómico dentro de una población.

Variación no genética:

1 - Variación individual en el tiempo

* Variación con la edad
* Variación estacional de un individuo
* Variación estacional de generaciones

2 - Variación social (castas de insectos)

3 - Variación ecológica

* Variación de hábitat (ecofenotipos)
* Variación inducida por condiciones climáticas temporarias
* Variación determinada por el huésped
* Variación dependiente de la densidad
* Variación alométrica
* Variación de color neurogénica

4 - Variación traumática

* Variación inducida por el parásito
* Variación accidental y teratológica

Variación Genética:

1 - Variación asociada con el sexo

* Diferencias sexuales primarias
* Diferencias sexuales secundarias
* Alternancia de generaciones
* Ginandromorfos e intersexos

2 - Variación no asociada al sexo

* Variación contínua
* Variación discontínua

Si bien la capacidad de un genotipo para producir varios fenotipos está, en gran parte, controlada genéticamente, con el título de variación no genética se encuentran aquellas diferencias fenotípicas no causadas por diferencias genéticas. Pensemos, por ejemplo, en la variación con la edad, las diferencias que va sufriendo el organismo a lo largo del tiempo ocurren siempre a partir del mismo genotipo, mientras que aquellas ligadas al sexo, por ejemplo, provienen de genotipos hembra o macho.

A modo de ejemplo se desarrollará, dentro de la variación no genética, la variación con la edad y dentro de la genética las diferencias sexuales secundarias y la variación discontínua. Además se brindarán ejemplos en los cuales este tipo de variación influye sobre la tarea del taxónomo.

Variación con la edad.

Los organismos al nacer pueden ser muy distintos o muy parecidos al adulto. Una oruga es muy diferente de la mariposa en que ha de transfomarse.

Los reptiles, pájaros y mamíferos no poseen estados larvales, pero los individuos inmaduros pueden ser algo diferentes de los adultos, particularmente en aves.

Estas variantes con frecuencia se han descripto como especies distintas.

En el género *Potamolithus* Pilsbry, 1896, gasterópodo hydróbido, fueron descriptas dos especies: *Potamolithus petitianus* (d'Orbigny, 1840) y *Potamolithus bisinuatus* Pilsbry, 1896, de las cuales la primera es la forma inmadura de la segunda.

Diferencias sexuales secundarias.

En la mayoría de los grupos animales existe en mayor o menor grado dimorfismo sexual. Las diferencias entre machos y hembras son algunas veces notables. Un celebrado caso fue el del "papagayo rey" *Electus roratus* (Müller) de la región Papuana, en la cual el plumaje del macho es verde con una banda anaranjada y el de la hembra azul y rojo con una banda negra. Los dos sexos fueron considerados especies diferentes durante cien años (1776-1873)(Mayr, 1971).

Variación discontínua (polimorfismo)

Las diferencias entre individuos de una población son

en general suaves y gradadas. En ciertas especies los miembros de una población pueden ser agrupados en varias clases definidas, determinadas por la presencia de ciertos caracteres conspicuos. Tal variación individual discontínua se llama polimorfismo. Frecuentemente dicho polimorfismo es controlado por un solo gen. La importancia práctica para el taxónomo, se debe a que frecuentemente las variantes polimórficas de una población han recibido diferentes nombres. Volviendo al género *Potamolithus*, el polimorfismo es un fenómeno presente en el 40 % de sus especies (López Armengol, 1985), donde las variantes polimórficas son ejemplares que presentan una banda castaña en su conchilla y ejemplares sin ella. Este fenómeno no ha sido tratado satisfacoriamente, a tal punto que este carácter junto con el número de sinuosidades presentes en el labro es el que se brinda para separar a *P. bisinuatus* Pilsbry, 1896 (con banda castaña y labro con dos sinuosidades) de *P. sykesii* Pilsbry, 1896 (sin banda castaña y labro con tres sinuosidades).

Hoy se considera a *P. sykesii* sinónimo de *P. bisinuatus*.

¿QUE FUENTES DE CARACTERES PUEDO UTILIZAR PARA EXPRESAR LAS RELACIONES ENTRE LOS TAXA?

La evidencia taxonómica para realizar las clasificaciones se puede obtener a partir de una gran variedad de fuentes. Todas las partes de los organismos y todos los estados de su desarrollo pueden proveer caracteres taxonómicos.

Es imposible contar con una lista exhaustiva y única de los tipos de caracteres posibles de cada grupo de organismos.

Una posible clasificación que abarcaría todos los grupos podría ser la siguiente (Crisci y López Armengol, 1983):

1 - Morfológicos: a - externos
   b - internos (anatomía)
   c - embriológicos
   d - palinológicos
   e - citológicos
   f - ultrastructurales

2 - Fisiológicos

3 - Químicos

4 - Etológicos

5 - Ecológicos: a - hábitat
   b - parásitos
   c - alimentos
   d - variaciones estacionales

6 - Geográficos: a - distribución

¿EXISTE UN CARACTER MAS IMPORTANTE QUE OTRO?

En otros términos ¿se puede afirmar, por ejemplo, que los caracteres bioquímicos son más importantes que los morfológicos o viceversa?

La respuesta es que no se puede generalizar para todos los grupos de organismos que un tipo de carácter es más importante que otro, depende de los organismos en estudio.

A priori, diremos que todos los caracteres son útiles para realizar la clasificación. También diremos que un "buen carácter taxonómico" es aquel que no está sujeto a gran variación dentro de la muestra considerada, que no tiene una alta variabilidad genética intrínseca, que no es suceptible a las modificaciones ambientales y que muestra consistencia, es decir que se halla conectado causalmente con otros numerosos caracteres (Mayr, 1971).

La significación *a posteriori* es la que se otorga a los caracteres una vez construída la clasificación y consiste en reconocer el carácter (o los caracteres) con valor discriminatorio para los grupos formados.

¿CUAL ES EL NUMERO DE CARACTERES NECESARIOS PARA LLEVAR A CABO LA CLASIFICACION?

No existe respuesta absoluta para este interrogante y además está sujeto a la teoría clasificatoria que elijamos. En la actualidad tres escuelas taxonómicas son fundamentalmente reconocidas como activas participantes en el proceso de la clasificación biológica, éstas son: feneticista, evolucionista y cladista.

El feneticismo, que basa sus clasificaciones en las relaciones de similitud, sostiene que éstas deben basarse en un gran número de caracteres que pueden ser tomados de todas las partes del cuerpo y de todo su ciclo vital.

De acuerdo con evidencias empíricas, las clasificaciones numéricas se vuelven absolutamente estables cuando el número de caracteres aumenta considerablemente (Sokal, 1985).

Mientras que las escuelas evolucionista y cladista, que basan sus clasificaciones en el análisis filogenético, no han precisado con claridad el tema del número de caracteres elegidos.

¿COMO REPRESENTO SIMBOLICAMENTE LOS HECHOS OBSERVADOS?

Los caracteres taxonómicos foman parte del universo denominado "datos científicos" y responden a las exigencias de éste.

El científico observa hechos y los registra en datos. Los datos son representaciones simbólicas de los eventos que se obtienen por la observación.

En los caracteres considerados en un estudio sistemático se pueden reconocer dos estructuras. La estructura instrínseca, que

es aquella que refleja con toda fidelidad las similitudes y diferencias entre los objetos a clasificar, y la estructura extrínseca, que es aquella información agregada por el taxónomo en la acción de definir los caracteres y estados. Es inevitable introducir este último tipo de estructura, la cual distorsiona los resultados de la clasificación y debe ser reducida tanto como sea posible.

¿Cómo se puede reducir la estructura estrínseca?

Puede reducirse a nivel de la observación y de la representación simbólica. A nivel de la observación ésta debe ser variada, sistemática y detallada (Crisci y López Armengol, 1983).

Variada: ya que el fenómeno observado debe ser captado desde diferentes condiciones o en forma experimental cuando se añade a la observación el control de ciertos factores.

Sistemática: pues debe ser controlada por una hipótesis o por una idea precisa del fenómeno estudiado.

Detallada: por el uso de instrumentos poderosos y por concentrarse en una propiedad particular del fenómeno estudiado.

A nivel de la representación simbólica ésta debe ser objetiva y precisa.

Objetiva: en el sentido de que cualquier otro científico, capacitado para la observación y que lleve a cabo las mismas operaciones, logre reconocer los mismos hechos que fueron registrados y por lo tanto, obtenga los mismos datos. Con este fin los datos son expresados en un lenguaje de validez universal, más que en función de sensaciones únicas del observador.

Precisos: cuando describen los hechos y los diferencian de hechos similares.

Los datos más objetivos y precisos son los expresados en forma cuantitativa. Las técnicas numéricas, tanto feneticistas como cladistas exigen que todos los datos sean expresados en forma cuantitativa, de modo que sean computables, es decir, que con ellos se puedan realizar operaciones de cálculo mediante números.

No todos los datos miden relaciones cuantitativas en sentido estricto, de ahí que algunos deban ser sometidos a una actividad lógica, la codificación, para ser transformados en datos cuantitativos.

¿QUE TECNICAS ME PERMITEN DISTINGUIR CUALES CARACTERES ESTAN ALTAMENTE CORRELACIONADOS ENTRE SI Y CUALES SON RELATIVAMENTE INDEPENDIENTES?

Se han propuestos numerosos métodos de análisis de caracteres. Fuera de los señalados por la estadística, una de las técnicas numéricas multivariadas que nos permite analizar los caracteres es el análisis de agrupamientos (técnica R) (Sneath y Sokal, 1973).

b - Biológicos: a - distribución
variación genética.

nados fenogramas, entre caracteres, podemos distinguir cuáles caracteres forman grupos y por lo tanto están altamente correlacionados entre sí y cuáles caracteres son relativamente independientes.

Este análisis permite exponer rápidamente un patrón de la variación exhibida por los caracteres en estudio y generar hipótesis acerca del valor adaptativo de los patrones observados.

Un ejemplo de aplicación de esta técnica es el trabajo realizado en el género *Lucilia* (Freire, 1984). Este género de distribución sudamericana, pertenece a la familia de las Compuestas, tribu Inuleae y comprende 22 especies.

Las 22 especies fueron las unidades de estudio y se registraron 52 caracteres, de los cuales 32 corresponden a las partes reproductivas y 20 a las vegetativas.

Uno de los grupos formados en el fenograma fue el constituído por los caracteres: presencia/ausencia de hojas arrosetadas, número de brácteas involucrales y número de flores femeninas por capítulo. La hipótesis planteada acerca del valor adaptativo de este conjunto de caracteres, e decir, la presencia de hojas arrosetadas y el aumento del número de brácteas involucrales y de flores femeninas por capítulo, es que éste constituye un complejo adaptativo a condiciones de elevada altitud y aridez del ambiente.

¿ QUE METODO ME PERMITE RECONOCER LOS CARACTERES CON VALOR DISCRIMINATORIO PARA LOS GRUPOS OBTENIDOS?

Uno de los métodos que me permiten reconocer los caracteres con valor discriminatorio es el Análisis de los Componentes Principales. Este es un método de ordenación que permite obtener representaciones en espacios bi o tridimensionales de las unidades a clasificar. Pero este método brinda, además, información acerca de los caracteres que sirven para discriminar los grupos delimitados (Sneath y Sokal, 1973).

Un ejemplo de aplicación de este método fue el realizado en el género *Potamolithus* (López Armengol, 1985) en el cual las 25 especies fueron consideradas las unidades de estudio y se registraron 49 caracteres conquiológicos. A partir del cálculo de este método se obtuvieron las representaciones bidemensionales de las especies (figura 1) y la tabla de caracteres que más contribuyen a cada componente principal (tabla I). En la figura 1, por ejemplo, puede observarse que las especies pertenecientes a los grupos 2 y 4 se hallan dentro de los mismos valores para el primer componente, esto significa que las especies que constituyen ambos grupos comparten los caracteres (tabla I): diámetros menor, mayor y periferal del último anfracto; ancho medio de la abertura y largo del último anfracto.

Sin embargo, se encuentran separados a lo largo del segundo componente principal, por lo tanto los caracteres que más contribuyen a este componente (tabla I) son los que me permiten discriminar las especies de los grupos 2 y 4, es decir: largo de la espira, del antepenúltimo anfracto; relación porcentual largo de la espira/

largo total; ángulo penúltimo-último anfracto y relación diámetro mayor/largo total.

¿LOS DISTINTOS TIPOS DE CARACTERES BRINDAN LA MISMA INFORMACION RESPECTO A LAS RELACIONES ENTRE LOS TAXONES?

No es raro el caso de un grupo de organismos para el que se haya propuesto más de una clasificación pues por ejemplo, se toman en cuenta diferentes caracteres ya sean diferentes fuentes o caracteres provenientes de diferentes partes de los organismos.

Las diferencias entre clasificaciones de un mismo conjunto de organismos, da lugar al concepto de congruencia taxonómica.

Congruencia taxonómica es el grado de correspondencia entre diferentes clasificaciones de un mismo conjunto de organismos. Dos clasificaciones de un mismo conjunto de organismos son perfectamente congruentes si postulan los mismos agrupamientos (Farris, 1971; Mickevich, 1978).

Existen diferentes tipos de experimentos taxonómicos sobre congruencia taxonómica; uno posible es clasificar el mismo grupo de organismos a partir de diferentes órganos o regiones del cuerpo, por ejemplo, órganos vegetativos *vs*. reproductivos.

Un ejemplo en plantas en el que se analizó el problema de la congruencia taxonómica fue el trabajo realizado en el género *Melanopodium* (Stuessy y Crisci, 1984). Este género pertenece a la familia de las compuestas y comprende 37 especies que se encuentran ampliamente distribuídas a través de México y América Central. Las especies fueron reunidas por métodos clásicos en 6 secciones: *Melampodium (20)*, *Zarabellia (5)*, *Serratura (5)*, *Bibractiaria (2)*, *Rhizomaria (2)*, *Alcina (3)*. Uno de los objetivos del trabajo fue analizar la congruencia taxonómica entre caracteres vegetativos y reproductivos para determinar el peso de cada uno de ellos en la determinación de las secciones.

Mediante la aplicación de técnicas numéricas se obtuvieron representaciones bidimensionales de las 37 especies a partir de los 26 caracteres reproductivos y 15 vegetativos en forma separada. A partir de los resultados obtenidos se arribó a las siguientes conclusiones: a- las secciones no pueden ser definidas por caracteres reproductivos o vegetativos solamente y b- los diferentes grupos de especies que constituyen las secciones estuvieron sometidos a diferentes presiones de selección que diversificaron los caracteres reproductivos en algunos casos y vegetativos en otros.

Para finalizar y como corolario, volvamos al comienzo de esta conferencia y a esa diversidad que a través de su esplendor y fecundidad nos sugería la existencia de un orden natural en el universo.

La clasificación biológica es uno de los esquemas humanos que intentan reflejar ese orden natural. Hemos descubierto que no existen respuestas definitivas a algunos de los interrogantes plan-

Como respuesta tal vez convenga recordar lo dicho por Borges, nuestro extraordinario poeta: *"La imposibilidad de penetrar el esquema divino del universo no puede, sin embargo, disuadirnos de planear esquemas humanos, aunque nos conste que éstos son provisorios."*

BIBLIOGRAFIA

CRISCI, J.V. y M.F. LOPEZ ARMENGOL. 1983. Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. OEA, Serie de Biología, Monografía nº 26, iii-vi, 132 págs.

FARRIS, J.S. 1971. The Hypothesis of Nonspecificity and Taxonomic Congruence. Ann. Rev. Ecol. Syst., 2,277.

FREIRE, S.E. 1984. Fenética del género Lucilia (Compositae; Inuleae). C.I.P.F.E.-C.E.D. Orione Cont. Biol. (11), 27.

LOPEZ ARMENGOL, M.F. 1985. Estudio sistemático y bioecológico del género Potamolithus (Hydrobiidae) utilizando técnicas de Taxonomía Numérica. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UN LP, La Plata, tesis nº 455, VI, 281 págs. Inédito.

MAYR, E. 1971. Principles of Systematic Zoology. T.M.H. Edition, New Delhi, 428 págs.

MICKEVICH, M.F. 1978. Taxonomic Congruence, Syst. Zool., 27, 143 -- págs.

SNEATH, P.H.A. y R.R. SOKAL. 1973. Numerical Taxonomy. The principles and practice of numerical classification. Freeman & Co., San Francisco, XV, 573 págs.

SOKAL, R.R. 1985. The Principles of Numerical Taxonomy: Twenty-five years Later. Computer Assisted Bacterial Systematics, 1.

STUESSY, T.F. y J.V. CRISCI. 1984. Phenetics of Melampodium (Compositae, Heliantheae). Madroño, 31 (1), 8.

Componente principal	Caracteres que más contribuyen	Valor de la cont.	%de la variación	% acumulado
I	Diámetro menor	0,978	30,44	30,44
	Diámetro mayor	0,974		
	Diámetro periferal o medio del último anfracto	0,954		
	Ancho medio de la abertura	0,936		
	Largo del último anfracto	0,931		
II	Largo de la espira	-0,915	19,53	49,97
	Largo del antepenúltimo anfracto	-0,914		
	Rel. porcentual largo de la espira/largo total	-0,912		
	Angulo penúltimo-último anfracto	0,885		
	Rel. diámetro mayor/largo total	0,794		
III	Ancho del engrosamiento del labro	-0,805	8,48	58,45
	Presencia y forma de manchas amarillas	-0,687		
	Presencia y tipo de escultura subsutural	-0,582		
	Presencia y desarrollo del engrosamiento del labro	-0,493		
	Ancho del área o surco adcolumelar	0,431		

Tabla 1: Análisis de los componentes principales. Caracteres de mayor contribución al primero, segundo y tercer componentes principales (I, II y III): valor de contribución, porcentaje de variación y porcentaje acumulado.

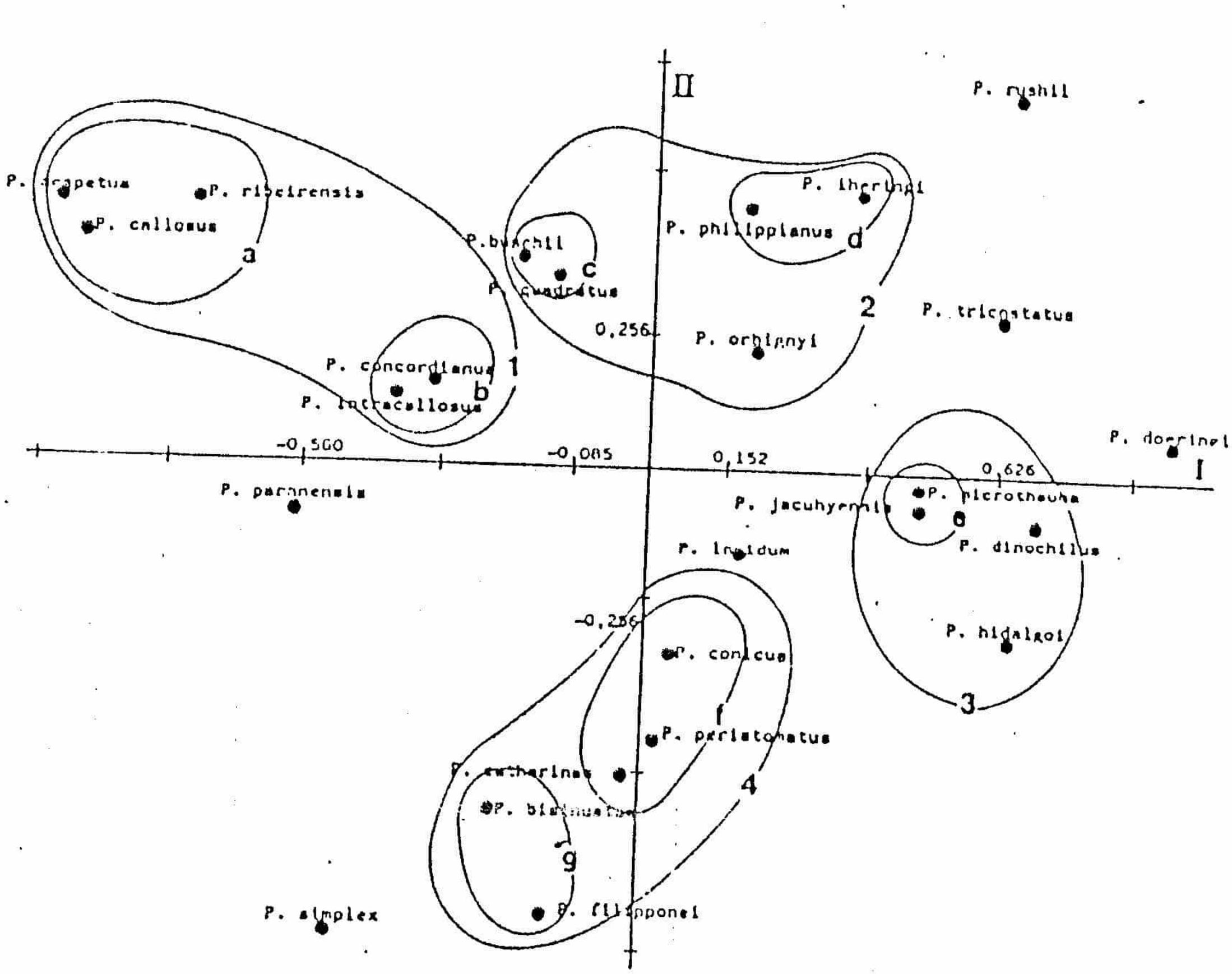

Figura 1: Análisis de los componentes principales. Gráfico bidimensional con la proyección de las 25 especies del género *Potamolithus* en el primero y segundo componente (I y II). Expresa el 49,97 % de la variación total.